

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 26 398.1

Anmeldetag: 13. Juni 2002

Anmelder/Inhaber: Carl Zeiss, Heidenheim an der Brenz/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Erfassen der Lage
eines Objekts im Raum

IPC: G 01 B, G 01 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

10 Carl Zeiss
(Anwaltsakte: Pat 3423/022)

13. Juni 2002
L/23/br

Verfahren und Vorrichtung zum Erfassen der Lage eines Objekts im Raum

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen der Lage eines Objekts im Raum.

20 Ein solches Verfahren wird insbesondere bei sogenannten HMD-Vorrichtungen (Head Mounted Display-Vorrichtungen) benötigt, bei denen ein Betrachter eine Anzeigevorrichtung auf seinem Kopf trägt, die für ihn wahrnehmbare Bilder erzeugt. Dabei kann die HMD-Vorrichtung so ausgebildet sein, daß der Betrachter nur noch das erzeugte Bild sieht oder daß er eine Überlagerung des erzeugten Bilds mit der Umgebung wahrnimmt (sogenannte Augmented Reality). Insbesondere bei der Augmented Reality ist es nötig, die Bewegung bzw. die Kopfstellung des Betrachters laufend zu erfassen und

25 bei Erzeugung des Bildes zu berücksichtigen, um die Überlagerung möglichst gut zu verwirklichen.

30 Dazu werden häufig magnetische Verfahren angewendet, welche die exakte Vermessung eines Magnetfelds (statisch oder auch dynamisch) erfordert. Die magnetischen Verfahren haben den Nachteil, daß alle (ferro)metallischen Gegenstände, die sich im Beobachtungsbereich befinden, das Magnetfeld beeinflussen und somit zu einer Verminderung der Genauigkeit beitragen. Insbesondere wenn sich die metallischen Gegenstände nicht statisch an einem Ort befinden, ist auch noch eine neue Kalibrierung erforderlich.

35 Weiterhin gibt es ultraschallbasierte Systeme, welche jedoch wegen der verwendeten Wellenlänge nur über eine begrenzte Auflösung verfügen. Weiterhin sind sie auch sehr störanfällig.

40 Ferner gibt es Systeme mit Gyroskopen, die jedoch besonders aufwendig sind.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen der Lage eines Objekts im Raum vorzuschlagen, die einen geringen Aufwand erfordern und eine hohe Genauigkeit aufweisen.

- 5 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Erfassen der Lage eines Objekts im Raum gelöst, das einen Befestigungsschritt, in dem drei Lichtquellen derart am Objekt befestigt werden, daß sie ein Dreieck aufspannen, einen Aktivierungsschritt, in dem die Lichtquellen eingeschaltet werden, einen Aufnahmeschritt, in dem das Objekt mit eingeschalteten Lichtquellen gleichzeitig von einer ersten und einer zweiten Position aus
10 aufgenommen wird, sowie einen Auswerteschritt aufweist, in dem die Positionen der Lichtquellen in den Aufnahmen bestimmt werden und die Lage des Objekts anhand der bestimmten Positionen der Lichtquellen berechnet wird.

- 15 Durch das gleichzeitige Aufnehmen des Objekts mit eingeschalteten Lichtquellen, die bei der Aufnahme alle drei gleichzeitig eingeschaltet sind, wird ein Stereobildpaar des durch die Lichtquellen aufgespannten Dreiecks erzeugt, aus dem in bekannter Weise die Lage (Ort und Ausrichtung) des Dreiecks im Raum und daraus auch die Lage des Objekts im Raum ermittelt werden kann.

- 20 Bei dem Objekt kann es sich beispielsweise um einen Helm oder eine sonstige Halterung einer Anzeigevorrichtung einer HMD-Vorrichtung handeln, die ein Betrachter auf seinen Kopf aufsetzen kann, wobei er im aufgesetzten Zustand mittels der Anzeigevorrichtung erzeugte Bilder wahrnehmen kann. Die Halterung kann beispielsweise auch brillenartig mit zwei Bügel für beide Ohren ausgebildet sein, wobei in diesem Fall an jedem oder nur
25 an einem Bügel drei ein Dreieck aufspannende Lichtquellen vorgesehen sein können.

- Insbesondere können bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestimmung der Lichtquellenpositionen die Bilder der Lichtquellen vom restlichen Bildhintergrund getrennt werden. Dadurch steht ein Stereobildpaar mit drei isolierten Punkten (Bilder der
30 Lichtquellen) zur Verfügung, das besonders einfach ausgewertet werden kann.

- Die Trennung der Bilder der Lichtquellen vom restlichen Bildhintergrund kann beispielsweise elektronisch durchgeführt werden. So ist eine elektronische Bildverarbeitung möglich, bei der die Trennung über die Helligkeit oder Farbe der
35 aufgenommenen (eingeschalteten) Lichtquellen erfolgt.

Besonders bevorzugt ist es, daß vor dem Auswerteschritt die Lichtquellen ausgeschaltet werden und das Objekt mit ausgeschalteten Lichtquellen gleichzeitig von der ersten und

von der zweiten Position aus aufgenommen wird, wobei im Auswerteschritt beim Bestimmen der Lichtquellenpositionen für jede Aufnahmeposition jeweils die Aufnahme mit ausgeschalteten Lichtquellen von der Aufnahme mit eingeschalteten Lichtquellen subtrahiert wird. Damit wird der gesamte Bildhintergrund von den Bildern der Lichtquellen
5 getrennt, so daß ein Stereobildpaar mit nur noch drei isolierten Punkten (Bilder der Lichtquellen) vorliegt. Dieses Subtrahieren der Bilder voneinander ist mit herkömmlichen Bildbearbeitungsprogrammen leicht durchführbar.

Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß im
10 Befestigungsschritt mehr als drei Lichtquellen am Objekt befestigt werden, von denen im Aktivierungsschritt immer nur drei Lichtquellen eingeschaltet werden. Dadurch kann sichergestellt werden, daß auch bei größeren Bewegungen des Objekts immer drei Lichtquellen von beiden Positionen aus gleichzeitig aufnehmbar sind.

Insbesondere können, wenn mehr als drei Lichtquellen am Objekt befestigt sind, im
15 Aktivierungsschritt immer die drei Lichtquellen eingeschaltet werden, die das größte Dreieck bilden, das von beiden Positionen aus aufnehmbar ist. Das größte Dreieck kann dabei das Dreieck sein, das die größte Fläche aufweist oder dessen Umfang am längsten ist. Damit wird die erreichbare Genauigkeit bei der Lagebestimmung erhöht.

Eine besonders bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht
20 darin, daß die Lichtquellen gepulst betrieben werden. In diesem Fall ist es besonders einfach möglich, immer ein Bildpaar mit eingeschalteten Lichtquellen und ein Bildpaar mit ausgeschalteten Lichtquellen zu erzeugen, die dann zur Trennung des Bildhintergrunds
25 von den Bildern der Lichtquellen genutzt werden können.

So können die Aufnahmen derart synchron mit den gepulst betriebenen Lichtquellen
gemacht werden, daß abwechselnd ein Bildpaar mit eingeschalteten Lichtquellen und ein Bildpaar mit ausgeschalteten Lichtquellen aufgenommen wird. Zwei aufeinander folgende
30 Bildpaare (also ein Bildpaar mit eingeschalteten Lichtquellen und ein Bildpaar mit ausgeschalteten Lichtquellen) können dann zur oben beschriebenen Abtrennung des Bildhintergrunds (z.B. durch entsprechende Subtraktion der Bilder) verwendet werden.

Ferner können die Lichtquellen zum Identifizieren der Lichtquellen nacheinander einzeln
35 eingeschaltet und aufgenommen werden. Damit ist es besonders leicht möglich, die einzelnen Lichtquellen in den Aufnahmen mit drei eingeschalteten Lichtquellen zu identifizieren, so daß eine korrekte Lagebestimmung des Objekts sichergestellt werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können die Lichtquellen drahtlos angesteuert werden. Dies ist besonders beim Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens bei HMD-Einrichtungen von Vorteil, da unerwünschte Kabelverbindungen entfallen können.

5

Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die Lichtquellen im eingeschalteten Zustand Licht (bzw. elektromagnetische Strahlung) im nicht sichtbaren Wellenlängenbereich (beispielsweise im Infrarotbereich) aussenden. Dies führt zu dem Vorteil, daß bei Durchführung des Verfahrens kein für den Betrachter (beispielsweise bei einer HMD-Vorrichtung) störendes Blinken bzw. Aufleuchten der Lichtquellen auftritt.

10

Die Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung zum Erfassen der Lage eines Objekts im Raum gelöst, wobei die Vorrichtung drei am Objekt befestigbare Lichtquellen, zwei voneinander beabstandete Bildaufnahmeeinrichtungen, deren Bildaufnahmebereiche sich überlappen, eine Steuereinrichtung, die ein Einschalten der Lichtquellen und ein gleichzeitiges Aufnehmen des Objekts mit eingeschalteten Lichtquellen durch beide Bildaufnahmeeinrichtungen bewirkt, sowie eine Auswerteeinheit aufweist, die die Position der Lichtquellen in den Aufnahmen bestimmt und die Lage des Objekts anhand der bestimmten Positionen der Lichtquellen berechnet.

15

20

Mit dieser Vorrichtung können in einfacher Art und Weise über die Bestimmung der Lichtquellenpositionen in den Aufnahmen die Lagen der Lichtquellen und somit auch die Lage des Objekts im Raum ermittelt werden.

25

Die Steuereinrichtung und die Auswerteeinheit können mittels einem herkömmlichen Computer mit geeigneter Software realisiert werden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß die Auswerteeinheit zur Bestimmung der Lichtquellenpositionen die Bilder der Lichtquellen vom restlichen Bildhintergrund trennt. Diese Trennung kann insbesondere elektronisch durchgeführt werden.

30

So kann beispielsweise die Steuereinrichtung ein Ausschalten der Lichtquellen und ein gleichzeitiges Aufnehmen des Objekts mit ausgeschalteten Lichtquellen durch beide Bildaufnahmeeinrichtungen bewirken und die Auswerteeinheit kann bei der Bestimmung der Lichtquellenpositionen für jede Bildaufnahmeeinrichtung jeweils die Aufnahme mit ausgeschalteten Lichtquellen von der Aufnahme mit eingeschalteten Lichtquellen

35

subtrahieren. Dies ist mit gängigen Bildbearbeitungsprogrammen leicht durchführbar und führt zu einem Stereobildpaar mit drei isolierten Punkten (Bilder der Lichtquellen). Aus diesem Stereolichtpaar läßt sich besonders einfach die Lage des Objekts ermitteln.

5 Eine bevorzugte Ausführungsform benützt am Objekt (z.B. am Helm) Infrarot-Dioden (IR-Dioden) als Lichtquellen und infrarotempfindliche Bildaufnehmer bzw. Bildaufnahmeeinrichtungen. Den Bildaufnehmern ist jeweils ein Infrarot-Filter vorgesetzt, welches nur Licht mit einer Wellenlänge von mehr als 830 nm durchläßt. Dadurch wird
10 dargestellt. Da die Wellenlänge der IR-Dioden jedoch bei 880 nm liegt, kommt das Licht der IR-Dioden ungehindert als starkes Nutzsignal am Bildaufnehmer an. Durch diese Maßnahme erhöht sich beim Abziehen der Bilder deutlich das Nutzsignal zu Störsignal Verhältnis, was sich in einem wesentlich besseren Kontrast der im Bild isolierten Punkte zeigt.

15 Eine weitere besondere Ausführungsform der Erfindung macht von der Auswertung der isolierten Punkte durch eine weitere bildanalytische Maßnahme Gebrauch, indem der entstehende Leuchtfleck (Bild der Lichtquelle in der Aufnahme) in Bezug auf einen Schwerpunkt analysiert wird. Dadurch kann die Genauigkeit der erfindungsgemäßen
20 Vorrichtung bei der Lagebestimmung noch wesentlich gesteigert werden.

Da die Geometrie der Lichtquellen (z.B. Leuchtdioden) einen direkten Einfluß auf die Berechnung des Schwerpunktes des Leuchtflecks hat, gibt es eine weitere erfindungsgemäße Verbesserung. Dazu werden die Lichtquellen (z.B. Leuchtdioden) in
25 eine zylinderförmige Bohrung eines im Wellenlängenbereich des Lichts bzw. der Strahlung der Lichtquellen (z.B. im Infrarotbereich bei IR-Dioden als Lichtquellen) nicht transparenten Materials eingelassen (z.B. Aluminium bei IR-Dioden). Die verbleibende kreisförmige offene Oberfläche der Bohrung wird mit einer dünnen Diffusorplatte abgedeckt, welche beispielsweise einen breiten Streuwinkel von z.B. 60° aufweist. Durch
30 diese Anordnung erscheint der Leuchtfleck stets als Kreis oder als Oval, und die Schwerpunktbildung gestaltet sich entsprechend genauer.

Bei großen Entfernungen der Lichtquellen (z.B. Leuchtdioden oder IR-Dioden) zum Bildaufnehmer können diese mit einem entsprechend höheren Strom betrieben werden,
35 so daß sich auch bei unterschiedlichen Distanzen stets optimale Kontraste ergeben. Es wird also die Helligkeit der Lichtquellen (z.B. der IR-Dioden) durch eine Ansteuerschaltung, die Teil der Steuerschaltung sein kann, derart geregelt, daß bei größer werdender Entfernung zum Bildaufnehmer bzw. der Bildaufnahmeeinrichtung ein

höherer Strom eingepreßt wird. Dies kann z.B. in Bezug auf den Abstand auch stufenweise mit einer gewissen Hysterese erfolgen.

5 Ferner kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine mit den Lichtquellen verbundene Ansteuereinheit vorgesehen sein, die auf der Basis von von der Steuereinrichtung drahtlos übermittelten Signalen die Lichtquellen ansteuert, wobei insbesondere noch eine Strom- bzw. Spannungsquelle für die Lichtquellen vorgesehen ist. Damit ist eine tragbare Ausgestaltung der Lichtquellenanordnung zusammen mit der Ansteuereinheit leicht möglich, was insbesondere bei HMD-Vorrichtungen von Vorteil ist.

10 Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß als Lichtquellen Leuchtdioden, insbesondere Infrarot-Leuchtdioden eingesetzt werden. Leuchtdioden sind kleine und günstige Lichtquellen, die zudem eine sehr hohe Standfestigkeit aufweisen, so daß die Zuverlässigkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung
15 gewährleistet werden kann. Der Einsatz von Infrarot-Leuchtdioden bringt noch den Vorteil mit sich, daß die ausgesendete Infrarot-Strahlung für einen Betrachter nicht wahrnehmbar und somit auch nicht störend ist.

20 Ferner kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung das Objekt eine auf einem Kopf eines Betrachters aufsetzbare Anzeigeeinheit umfassen, die im aufgesetzten Zustand ein vom Betrachter wahrnehmbares Bild erzeugen kann. Die Anzeigeeinheit kann dabei so ausgebildet sein, daß nur noch das erzeugte Bild oder eine Überlagerung des erzeugten Bildes mit der Umgebung für den Betrachter wahrnehmbar ist. Damit kann eine HMD-Vorrichtung verwirklicht werden, bei der die Kopflage des Betrachters leicht und
25 zuverlässig ermittelt werden kann.

Die Lichtquellen können bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ortsfest mit dem Objekt verbunden sein und ein Dreieck aufspannen. Damit wird gewährleistet, daß von der Lage der Lichtquellen (bzw. des Lichtquellendreiecks) immer auf die Lage des Objekts
30 rückgeschlossen werden kann.

In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, daß die Lichtquellen ein vorbestimmtes Abstrahlspektrum aufweisen und die Aufnahmeeinrichtungen nur Licht mit dem vorbestimmten Abstrahlspektrum aufnehmen.
35 Dadurch wird eine Trennung des Bildes der Lichtquellen vom Bildhintergrund schon während der Aufnahme realisiert. Insbesondere ist dies durch den Einsatz von entsprechenden Filtern möglich, die für jede der Aufnahmeeinrichtungen vorgesehen sind und nur Licht mit dem vorbestimmten Abstrahlspektrum hindurchlassen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen im Prinzip beispielshalber noch näher erläutert. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 schematisch eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei einem HMD;
- Fig. 2 schematisch ein vereinfachtes Funktionsschaltbild der Vorrichtung von Fig. 1, und
- 10 Fig. 3 schematisch eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei einem HMD.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Erfassen der Lage eines Objektes im Raum umfaßt einen Helm 1, an dem drei Infrarot-Leuchtdioden 2, 3 und 4 befestigt sind, von denen eine erste Leuchtdiode 2 oben am Helm angeordnet ist und die restlichen beiden Leuchtdioden 3 und 4 am unteren Rand 7 des Helms 1 um etwa 90° in Umfangsrichtung versetzt angeordnet sind.

20 Weiterhin ist am Helm 1 eine Ansteuereinheit 8 für die Leuchtdioden 2 bis 4 vorgesehen, die später noch detaillierter beschrieben wird.

Eine Anzeigeeinheit 9 ist so am Helm 1 befestigt, daß ein Betrachter (nicht gezeigt), der den Helm 1 trägt, die mittels der Anzeigeeinheit 9 erzeugten Bilder wahrnehmen kann.

25 Der Helm 1 mit der Anzeigeeinheit 9 ist somit ein sogenanntes HMD.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt weiterhin zwei Kameras 10, 11, die von verschiedenen Positionen aus den Helm 1 bzw. die Leuchtdioden 2 bis 4 aufnehmen können. Die Kameras 10, 11 sind dabei so angeordnet und ausgelegt, daß ihre

30 Bildaufnahmebereiche 12, 13 sich zumindest teilweise überlappen und der Überlappungsbereich der beiden Bildaufnahmebereiche 12 und 13 den Bewegungsbereich des Helms 1 während seiner bestimmungsgemäßen Verwendung abdeckt.

35 Die Kameras 10 und 11 werden wie auch die Leuchtdioden 2 bis 4 mittels einer Steuereinrichtung 14 gesteuert.

Wie insbesondere aus Fig. 2 zu entnehmen ist, enthält die Steuereinrichtung 14 für jede der Kameras 10, 11 eine Digitalisierungseinheit 15, 16, die von einem Steuermodul 17 der Steuereinrichtung 14 gesteuert werden.

5 Ferner umfaßt die Steuereinrichtung 14 eine Sendereinheit 18, über die das Steuermodul 17 Steuersignale für die Leuchtdioden 2 bis 4 drahtlos zur Ansteuereinheit 8 überträgt (wie durch den Pfeil A angedeutet ist) und die von einer Empfangseinheit 19 der Ansteuereinheit 8 empfangen werden.

10 Die Ansteuereinheit 8 umfaßt neben der Empfangseinheit 20 eine Schalteinheit, die in Abhängigkeit der empfangenen Signale die Leuchtdioden 2 bis 4 mit einer Spannungsversorgung 21 der Ansteuereinheit 8 verbindet.

15 Die Digitalisierungseinheiten 15 und 16 sind mit einer Auswerteeinheit 22 verbunden, die anhand der (digitalisierten) Aufnahmen die Positionen der Leuchtdioden 2 bis 4 und daraus dann die Lage des Helms 1 und somit die Kopfstellung des Betrachters berechnet. Die Daten hinsichtlich der Lage des Helms 1 werden von der Auswerteeinheit 22 dem Steuermodul 17 sowie einer Anzeigensteuerung 23 der Anzeigeeinheit 9 zugeführt, so daß beispielsweise das mittels der Ansteuereinheit 9 erzeugte Bild korrekt in die durch die
20 Anzeigeeinheit 9 auch noch wahrnehmbare Umgebung positioniert werden kann.

Die Steuereinrichtung 14, die Auswerteeinheit 22 sowie die Anzeigensteuerung 23 können mittels einem oder mehreren Computern mit entsprechender Software realisiert sein.

25

Im Betrieb werden die Leuchtdioden 2 bis 4 gepulst betrieben, wobei sie immer gleichzeitig ein- und ausgeschaltet werden. Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform spannen die Leuchtdioden 2 bis 4 das eingezeichnete Dreieck 24 auf.

30 Wenn die drei Leuchtdioden 2, 3 und 4 eingeschaltet sind, wird gleichzeitig mit den beiden Kameras 10 und 11 der Helm 1 mit den eingeschalteten Leuchtdioden 2 bis 4 aufgenommen. Die aufgenommenen Bilder werden mittels der Digitalisierungseinheiten 15 und 16 digitalisiert und in der Auswerteeinheit 22 abgespeichert.

35 Danach werden die Leuchtdioden 2 bis 4 ausgeschaltet (durch den gepulsten Betrieb) und die Kameras 10 und 11 nehmen den Helm 1 mit ausgeschalteten Leuchtdioden 2 bis 4 gleichzeitig auf. Auch diese Bilder werden wiederum mittels den Digitalisierungseinheiten 15 und 16 digitalisiert und der Auswerteeinheit 22 zugeführt.

Die Auswerteeinheit 22 zieht nun von dem Bild der Kamera 10 des Helms mit eingeschalteten Leuchtdioden 2 bis 4 das Bild der Kamera 10 des Helms mit ausgeschalteten Leuchtdioden 2 bis 4 ab. In gleicher Weise werden die beiden Bilder der Kamera 11 voneinander subtrahiert, so daß ein Stereobildpaar mit idealer Weise nur noch drei isolierten Punkten (den Bildern der Leuchtdioden 2 bis 4) vorliegt, aus dem unter Berücksichtigung der Positionen der beiden Kameras 10 und 11 mit bekannten Verfahren die Lage des durch die Leuchtdioden 2 bis 4 aufgespannten Dreiecks 24 im Raum berechnet werden kann. Da die Leuchtdioden 2 bis 4 am Helm 1 befestigt sind und ihre genauen Positionen am Helm bekannt sind (beispielsweise durch eine einmalig durchzuführende Eichung), kann die Lage (Ort und Ausrichtung) des Helms 1 genau ermittelt werden.

In Abhängigkeit der Lage des Helms 1 und somit auch der Lage der Anzeigeeinheit 9 im Raum wird die Anzeigeeinheit 9 mittels der Anzeigensteuerung 23 in gewünschter Weise angesteuert. So kann beispielsweise das mittels der Anzeigeeinheit 9 erzeugte (Stereo)Bild so generiert werden, daß es unabhängig von der Bewegung des Betrachters immer am gleichen Ort im Raum erscheint.

Danach werden die Leuchtdioden 2 bis 4 wieder eingeschaltet und gleichzeitig mittels der Kameras 10 und 11 aufgenommen und in einem darauffolgenden ausgeschalteten Zustand der Leuchtdioden wird der Helm 1 wiederum von beiden Kameras 10 und 11 aufgenommen. Aus diesen Aufnahmen wird in gleicher Weise wie oben wiederum ein Stereobildpaar mit drei isolierten Punkten erzeugt.

Somit kann laufend die Lage des Helms 1 und somit die Ausrichtung des Kopfes des Betrachters im Raum ermittelt werden.

Natürlich ist es auch möglich, zuerst den Helm 1 mit ausgeschalteten Leuchtdioden 2 bis 4 und danach den Helm 1 mit eingeschalteten Leuchtdioden 2 bis 4 aufzunehmen und daraus wiederum das Stereobildpaar mit den isolierten Punkten zu erzeugen.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in Fig. 3 gezeigt, wobei sich diese Ausführungsform von der von Fig. 1 im wesentlichen nur dadurch unterscheidet, daß noch zwei weitere Leuchtdioden 5 und 6 am unteren Rand 7 des Helms 1 so angeordnet sind, daß sie auch in dem Überlappungsbereich der beiden Bildaufnahmebereiche 12 und 13 der Kameras 10 und 11 liegen. Gleiche Elemente der in

Fig. 1 und 3 gezeigten Ausführungsformen sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

5 Da am unteren Rand 7 des Helms 1 bei der Ausführungsform von Fig. 3 vier Leuchtdioden 3 bis 6 vorgesehen sind, können mehrere verschiedene Dreiecke dadurch erzeugt werden, daß die erste Leuchtdiode 2 immer zusammen mit zwei der am unteren Rand 7 des Helms 1 angeordneten Leuchtdioden 3 bis 6 gleichzeitig eingeschaltet wird.

10 Dies kann einerseits dazu genutzt werden, um das Diodendreieck aufleuchten zu lassen, mit dem die größte Genauigkeit bei der Auswertung erzielt werden kann. Das kann beispielsweise das Diodendreieck sein, dessen Fläche am größten ist oder dessen Umfang am längsten ist.

15 Alternativ können auch die Dioden 2 bis 6 so aktiviert werden, daß der Eindruck eines am Helm 1 umlaufenden Diodendreiecks entsteht. Es werden beispielsweise zuerst die Dioden 2, 4 und 5, dann die Dioden 2, 5 und 3, und danach die Dioden 2, 3 und 6 aktiviert. Dann wird wieder mit dem Diodendreieck 2, 4 und 5 begonnen. Somit wird ein Teilumlauf des Diodendreiecks am Helm 1 erzeugt. Ein solches Umlauf-Verfahren der Aktivierung der Dioden-Dreiecke eignet sich besonders, wenn mittels der Auswerteeinheit 20 22 noch eine Vorhersage der Bewegung des Helms 1 berechnet werden soll.

25 Es können weitere Leuchtdioden (nicht gezeigt) am unteren Rand 7 des Helms 1 sowie weitere Kameras (nicht gezeigt) so vorgesehen werden, daß jedes Leuchtdiodendreieck, das die Leuchtdiode 2 enthält, von zumindest zwei unterschiedlichen Kameras gleichzeitig aufgenommen werden kann. In diesem Fall kann ein umlaufendes Diodendreieck um den Umfang des Helms 1 erzeugt werden, das stets hinsichtlich der Lage des Helms 1 im Raum ausgewertet werden kann, da es immer von zwei Kameras gleichzeitig aufgenommen wird.

30 Weiterhin kann eine Synchronisierung der Auswerteeinheit 21 mit den einzelnen Dioden 2 bis 6 derart durchgeführt werden, daß die Dioden 2 bis 6 einzeln nacheinander ein- und ausgeschaltet werden. Eine solche Synchronisierung kann zu Beginn des Verfahrens, in regelmäßigen Zeitabständen oder auch nach Bedarf durchgeführt werden.

35 Statt der gezeigten Kameras 10 und 11 und den zugeordneten Digitalisierungseinheiten 15 und 16 können natürlich auch Digital-Kameras eingesetzt werden, so daß die Digitalisierungseinheiten 14, 15 und 16 nicht mehr separat vorgesehen werden müssen.

5

Carl Zeiss
(Anwaltsakte: Pat 3423/022)

13. Juni 2002
L/23/br

10

Ansprüche

15

1. Verfahren zum Erfassen der Lage eines Objekts im Raum, mit einem Befestigungsschritt, in dem drei Lichtquellen (2, 3, 4, 5, 6) derart am Objekt befestigt werden, daß sie ein Dreieck aufspannen,

einem Aktivierungsschritt, in dem die Lichtquellen (2, 3, 4, 5, 6) eingeschaltet werden, einem Aufnahmeschritt, in dem das Objekt mit eingeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) gleichzeitig von einer ersten und einer zweiten Position aus aufgenommen wird,

20

sowie einem Auswerteschritt, in dem die Positionen der Lichtquellen (2, 3, 4) in den Aufnahmen bestimmt werden und die Lage des Objekts anhand der bestimmten Positionen der Lichtquellen (2, 3, 4) berechnet wird.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zur Bestimmung der Lichtquellenpositionen die Bilder der eingeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) vom restlichen Bildhintergrund getrennt werden.

30

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem vor dem Auswerteschritt die Lichtquellen (2, 3, 4) ausgeschaltet werden und das Objekt mit ausgeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) gleichzeitig von der ersten und von der zweiten Position aus aufgenommen wird, wobei im Auswerteschritt beim Bestimmen der Lichtquellenpositionen für jede Aufnahme jeweils die Aufnahme mit ausgeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) von der Aufnahme mit eingeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) subtrahiert wird.

35

4. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem im Befestigungsschritt mehr als drei Lichtquellen am Objekt befestigt werden, von denen im Aktivierungsschritt immer nur drei Lichtquellen eingeschaltet werden.

40

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem im Aktivierungsschritt die drei Lichtquellen (2, 3, 4) eingeschaltet werden, die das größte Dreieck bilden, das von beiden Positionen aus aufnehmbar ist.

6. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Lichtquellen (2, 3, 4) gepulst betrieben werden.

5 7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die gleichzeitigen Aufnahmen von den beiden Positionen aus derart synchron mit den gepulsten Lichtquellen gemacht werden, daß abwechselnd ein Aufnahmepaar mit eingeschalteten Lichtquellen und ein Aufnahmepaar mit ausgeschalteten Lichtquellen erhalten wird, wobei im Auswerteschritt anhand von zwei aufeinander folgenden Aufnahmepaaren die Lichtquellenpositionen bestimmt werden.

10

8. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem zum Identifizieren der Lichtquellen (2, 3, 4) die Lichtquellen (2, 3, 4) nacheinander einzeln eingeschaltet und aufgenommen werden.

15

9. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Lichtquellen (2, 3, 4) drahtlos angesteuert werden.

20

10. Vorrichtung zum Erfassen der Lage eines Objekts im Raum, mit drei am Objekt befestigbaren Lichtquellen (2, 3, 4), die im befestigten Zustand ein Dreieck aufspannen,

zwei voneinander beabstandeten Bildaufnahmeeinrichtungen (10, 11), deren Bildaufnahmebereiche (12, 13) sich überlappen,

einer Steuereinrichtung (14), die ein Einschalten der Lichtquellen (2, 3, 4) und ein gleichzeitiges Aufnehmen des Objekts mit eingeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) durch

25

beide Bildaufnahmeeinrichtungen (10, 11) bewirkt, sowie mit einer Auswerteeinheit (22), die die Positionen der Lichtquellen (2, 3, 4) in den Aufnahmen bestimmt und die Lage des Objekts anhand der bestimmten Positionen der Lichtquellen (2, 3, 4) berechnet.

30

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der die Auswerteeinheit (22) zur Bestimmung der Lichtquellenpositionen die Bilder der Lichtquellen (2, 3, 4) vom restlichen Bildhintergrund trennt.

35

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, bei der die Steuereinrichtung (14) ein Ausschalten der Lichtquellen (2, 3, 4) und ein gleichzeitiges Aufnehmen des Objekts mit ausgeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) durch beide Bildaufnahmeeinrichtungen (10, 11) bewirkt, wobei die Auswerteeinheit (22) bei der Bestimmung der Lichtquellenpositionen für jede Bildaufnahmeeinrichtung (10, 11) jeweils die Aufnahme mit ausgeschalteten

Lichtquellen (2, 3, 4) von der Aufnahme mit eingeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) subtrahiert.

5 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei der eine mit den Lichtquellen (2, 3, 4) verbundene Ansteuereinheit (8) vorgesehen ist, die auf der Basis von von der Steuereinrichtung (14) drahtlos übermittelten Signalen die Lichtquellen (2, 3, 4) ansteuert, wobei insbesondere noch eine Strom- bzw. Spannungsquelle (20) für die Lichtquellen (2, 3, 4) vorgesehen ist.

10 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, bei der als Lichtquellen (2, 3, 4) Leuchtdioden, insbesondere Infrarot-Leuchtdioden, eingesetzt sind.

15 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, bei der das Objekt eine auf einem Kopf eines Betrachters aufsetzbare Anzeigeeinheit (9) enthält, die im aufgesetzten Zustand ein vom Betrachter wahrnehmbares Bild erzeugen kann.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, bei der die Lichtquellen (2, 3, 4) ortsfest mit dem Objekt verbunden sind.

20 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, bei der die Lichtquellen (2, 3, 4) ein vorbestimmtes Abstrahlspektrum aufweisen und die Aufnahmeeinrichtungen (10, 11) nur Licht mit dem vorbestimmten Abstrahlspektrum aufnehmen, wobei insbesondere für jede der Aufnahmeeinrichtungen (10, 11) ein Filter vorgesehen ist, der nur Licht mit dem vorbestimmten Abstrahlspektrum hindurchläßt.

25

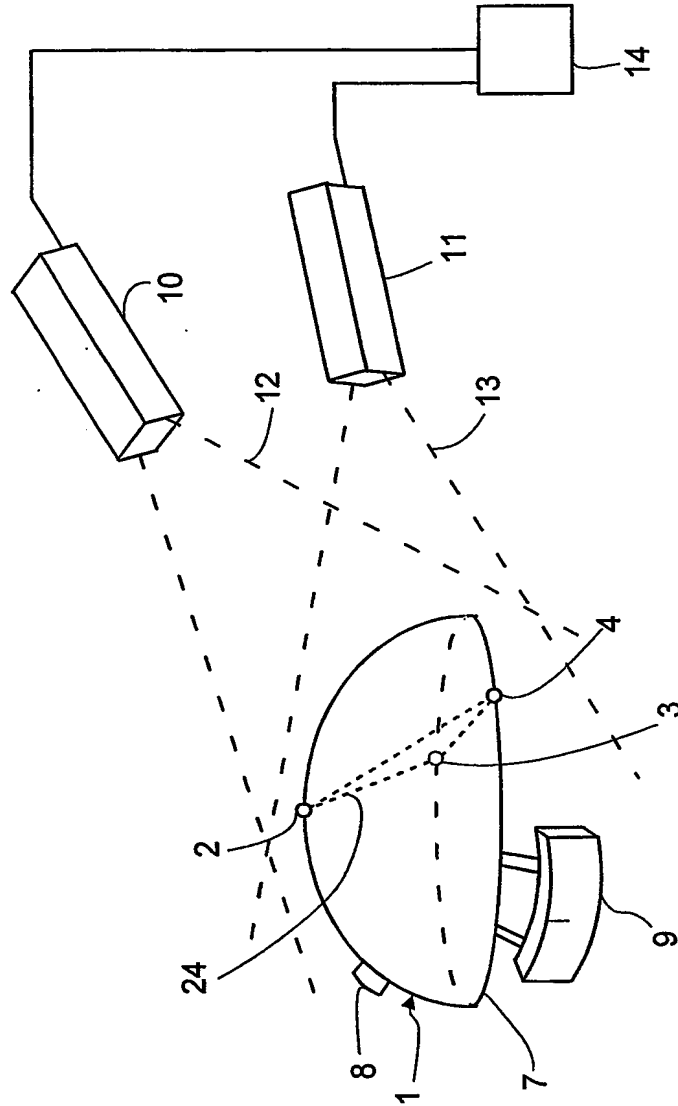


Fig. 1

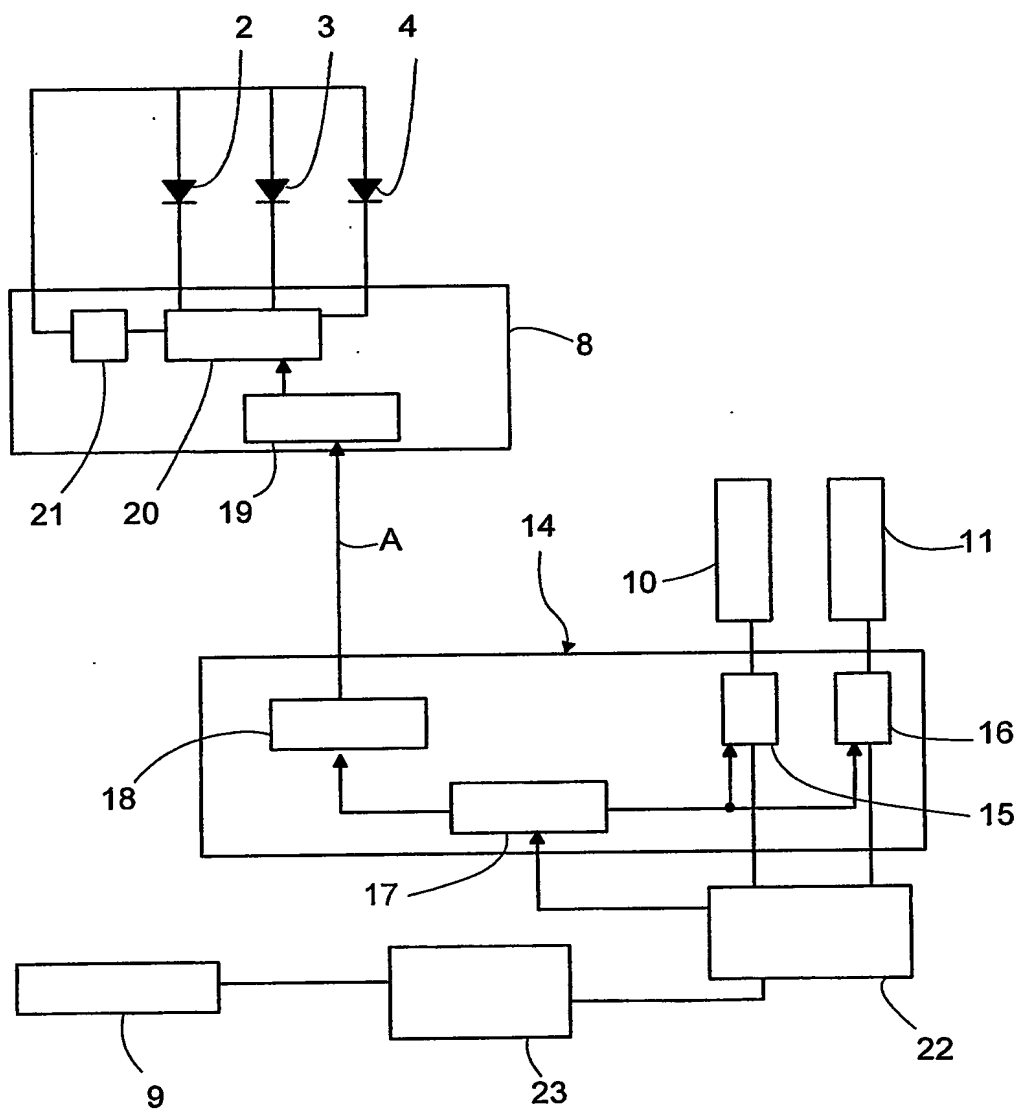


Fig. 2

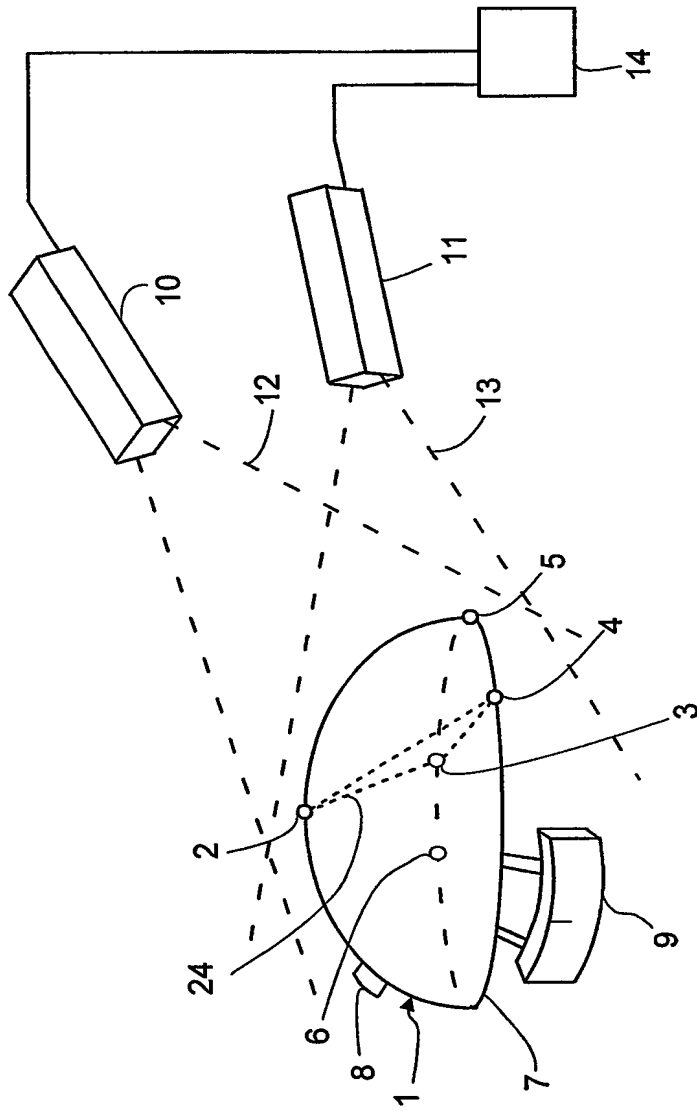


Fig. 3

Büro München / Munich Offices: Perhamerstraße 31 · D-80687 München
Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · Telex: 5 218 915 gefe d · Telegramme: gefepat muenchen
Büro Jena / Jena Offices: Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (036 41) 2 91 50 · Telefax: (036 41) 29 15 21

5

Carl Zeiss
(Anwaltsakte: Pat 3423/022)

13. Juni 2002
L/23/br

10

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zum Erfassen der Lage eines Objekts im Raum mit einem Befestigungsschritt, in dem drei Lichtquellen (2, 3, 4, 5, 6) derart am Objekt befestigt werden, daß sie ein Dreieck aufspannen, einem Aktivierungsschritt, in dem die Lichtquellen (2, 3, 4, 5, 6) eingeschaltet werden, einem Aufnahmeschritt, in dem das Objekt mit eingeschalteten Lichtquellen (2, 3, 4) gleichzeitig von einer ersten und einer zweiten Position aus aufgenommen wird, sowie einem Auswerteschritt bereit gestellt, in dem die Positionen der Lichtquellen (2, 3, 4) in den Aufnahmen bestimmt werden und die Lage des Objekts anhand der bestimmten Positionen der Lichtquellen (2, 3, 4) berechnet wird.

25

(Fig. 1)